第二節　水分與養分管理

黃洋宮、蔡建國

一、水分管理

㈠重要性

植物體之大部分由水所成，一方面因蒸散作用而散失水分，另一部分供給細胞生長所需，植物爲維持正常的生長及代謝，乃必需補給水分。植物對水要求的程度，因植物種類、生育時期而異，通常以營養生長期所需之水量較多，生殖生長期較少。利用水分的管理，可控制植株生長的快慢及品質，故水分管理更顯重要。以下就三方面予以說明：

1.種子發芽

種子發芽受水分控制。在種子發育初期，水分有絕對的關係，因爲過度失水，將導致發芽種子死亡，故多數種子發芽，均需於相對濕度非常高的環境中。

2.無性繁殖

就扦插繁殖而言，插穗的吸水能力極爲有限。所以爲減少插穗水分喪失，通常利用噴霧系統，以極細的噴霧，每間隔數分鐘噴一次。若光線太強，可配合適當的遮蔭。當插穗新根長出，生長、發育而吸收更多水分，噴霧的頻度可隨植株新根長出吸收水分而減少。例如菊花、聖誕紅、香石竹等。

3.生長

水分由根部附近的介質中吸收，經莖中導管而進入葉片，葉片水分大部分因蒸散而喪失，一小部分水則供給細胞生長用，使植株生長，少量用於光合作用以產生糖。蒸散作用對植物相當重要，因爲介質中的營養(氮、磷、鉀、鈣、鎂…等)藉此而吸收。另一方面，可降低葉片溫度。就控制水分而言，可應用於健化植株，以增加移植成活率，亦可用於抑制植株生長，與生長抑制劑有同樣的效果。

㈡給水應考慮的問題

自早就有一種「澆水三年」的說法。給水看似簡單，實則爲一門很難的管理技術。澆水並非只是每天早晨澆，或盆子乾了就澆這樣簡單的問題，乃依植物種類、植株大小、栽培密度、栽培目標、栽培季節溫暖與否、光線强弱、植株蒸散多少、生長速率、介質體積及含水率如何而定。

㈢給水的方法

1.人工澆灌

通常使用噴水壺，播細小種子或移植小苗時，還要加接水滴會成霧狀的蓮蓬頭。若植株大到覆蓋盆緣，則取去蓮蓬頭一盆一盆給水。盆數多時，可將噴頭連接在水管上澆

水。此法優點是較均勻，但費時費工，就長期而言,成本最高。

2.噴灌

配合時間控制，可達到定時定量。利用於觀葉植物等之花卉育苗相當普遍。但噴灌方式常易有死角，若能配合人爲補充或借助底層吸水材料的改善而解決。

3.底面灌溉

水由盆底利用毛細管現象往上吸引。此法可用於播種細粒種子時避免沖壞土壤及沖失種子；但若經常使用此法，則肥料成分易升集於土表而造成鹽害，同時也容易造成濕度過高,應小心使用，例如吸水氈的使用。另外，利用盆子下半部浸水的方式，雖適合於濕生植物，但對普通植物則易感染病菌，產生根腐情形。

4.滴灌

盆花栽培時使用，可節省水源。引進台灣已有多年，但因有管線設計不良致水壓落差大，出水不平均，零配件裝配易漏水及接口處易脫落，斷裂等缺失，以及常因水質處理不良而引起阻塞等等之問題，致使用者尙不多。再者成本過高也是一般栽培者不願嚐試的主因。

5.噴霧

一般噴霧設施常用於溫室中的繁殖工作，以增加濕度和溫度調節，促進發根及生長。噴霧能製造零蒸發之環境，對於扦插苗，種子實生苗，以及組織培養苗的馴化及生長均有很大的幫助。噴霧系統的利用能促使扦插植物直接插於盆中生長，可節省移植勞力，且植物易發根，可縮短育苗時間，增加苗床使用率。另外，噴霧具有降低溫度的功能，當夏季高溫時，溫室中的溫度往往會超過35℃以上，此時可開啓噴霧系統來降溫。使用噴霧有一點必須注意，即使用的水質，若爲硬水，易造成鈣沈澱物堆積於噴霧口之情形，故需於水中加酸以中和鈣質，一般以pH值5.5～6.0爲佳。

㈣給水的次數及時間

給水次數通常一日一次爲準，但需視天候(光線、溫度、濕度、風等)或植物種類、大小和介質種類而增減，其要點是依乾燥程度來增減澆水次數。給水時刻，若以一日一回言，一般是上午，因傍晚澆水易有徒長的現象。以聖誕紅、牽牛花、菊花爲例，若溫度稍溫暖，在傍晚澆水會徒長的很厲害；反之，生長速度慢而栽培於保水性小介質中的蘭類，在夏季則寧可在傍晚給水，以提供夜間生育，若早上澆，水分易乾掉，植株無法吸收足夠的水分生長。日正當中澆水，一般均應避免，此乃因在强烈日光下，葉片上水滴易發生凸透鏡聚光的效果而引起葉燒，故最好避免在日光直射下給水。植株大小與介質量之比是重要的影響因子。目前花卉育苗，多數利用穴盤(Plug)，因每穴盤中介質量少且水分含量亦少，故考慮穴盤大小特別重要。當穴盤於移植前，每天澆水頻度應較高。

二、水　　質

水質不良對作物造成傷害，輕則減緩生長降低品質，重則導致植株死亡。水質的好壞是

由許多因素所決定，但大多數人只會抱怨水中鹽分過高，事實上還有其他因素要考慮，包括鹽類濃度、鈉含量、pH值、硬水中鹽類(鈣、鎂)、重金屬(鐵、銅、錳、鋅)、有毒離子(氯、氟、硼)及微生物污染等。如表一及美國農業部所公布灌溉用水水質良否之判斷標準。表二爲根據不同離子和可能的變化來評價灌溉水適用性之經驗法則。不良水質會對任何生長階段的植株造成影響。當水中溶解性鹽類太高時，會直接傷害到作物根部並且改變其對水、養分的吸收；亦會有鹽類累積於葉片中，致葉緣及葉尖灼傷。個別離子也會造成特有的毒害(如氟化物)。故想要培育優良的花卉苗木，最重要且基本的條件就是維持良好灌溉水質。

表一、決定灌溉用水質良劣的各種化學物質特性

水質 類別	導電度(EC) mhos/cmx10	鹽類 (ppm)	鈉含量 鈉含量百分比	SAR	硼 (ppm)	pH值
很好	<0.25	175	<20%	3	<0.33	5.5～6.5
好	0.25～0.75	175～525	20～40%	3～5	0.33～0.67	
尚可	0.75～2	525～1400	40～60%	5～10	0.67～1	
差	2～3	1400～2100	60～80%	10～15	1～1.25	>8.4
很差	>3	>2100	>80%	>15	>1.25	

註：1. 本表取材自L.V. Wilcox 1984年發表的「灌溉用水水質」一文及C.R. Johnson 1997年「園藝必須面對的水質問題」一文。

2. SAR(鈉的吸數率)=〔Na〕÷〔Ca〕+〔Mg〕2

3. pH值的標準較難界定，因爲水中也需要適量的鹼度(重碳酸鹽及碳酸鹽含量)，一般而言，微酸性的pH值是較理想的。

表二、根據每種離子和可能的變化來評價灌溉水適用性的經驗法則

1.鈣	當鈣的濃度超過每公升10毫克當量(200ppm)，不能用作灌溉水；濃度超過每升6毫克當量時，妨礙磷肥溶夜施入，並且使灌水線路的沈澱增加。
2.氯	不能超過每公升4毫克當量(140ppm)，對於香石竹和玫瑰，要求使用含銨的肥料溶液。
3.碳酸氫鈉	低於每公升 6毫克當量不致產生嚴重問題，要取決於pH，如果不中和酸性，就會造成灌溉系統的沈澱，對於玫瑰不要超過每升3毫克當量。
4.鎂	不應超過每升3毫克當量,否則會產生沈澱的問題。
5.鈉	只要鉀也保持相當的濃度，可以高到每公升 8毫克當量(184ppm)，就會造成土壤結構嚴重問題，需要給土壤增施鈣。這對惰性基質來說鈣是不成問題的。
6.硫化物	可以高到每升10毫克當量(480ppm)。然而對於香石竹每升1毫克當量是合適的。

三、養分管理

㈠營養成分的作用

作物需要的養分有碳、氫、氧、氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、鋅、銅、矽、鉬、硼、與氯等十七種元素，其中除碳、氫、氧由空氣與水供給外，餘均靠土壤或其他介質中供給。各元素的主要作用如下：氮是氨基酸、蛋白質、核酸、輔酶等之組成分，將原生質除去水分，含氮化合物佔40～50%。作物新生組織之增長，根之發育與莖葉繁茂，均需多量氮素。磷爲細胞內核酶、核蛋白與磷脂質之構成分子，對促進澱粉油脂之形成、葉綠素的機能、根部發育與種子成熟極爲重要。鉀是各種酶的活化劑，大量分布於植物各部位，與光合作用、碳水化合物與蛋白質之形成及代謝有關，對作物發育、種實成熟、養分蓄積、增加抗旱、抗病力均很重要。鈣爲細胞壁之主要成分，可中和過多有機酸，對植株發育、組織之堅固與抵抗性有重要關係。鎂是葉綠素結構的主要成分，與磷在組織中運轉及代謝有關，並能促進油脂之合成。硫是幾種氨基酸和蛋白質的成分。鐵在光合作用、氮固定和呼吸過程中細胞色素及鐵蛋白之成分。錳爲氧化還原反應中之催化劑，與細胞多種酵素有關。硼與細胞水分及醣類轉運有關，可促進開花結實。鋅爲多種酵素之金屬成分，又爲細胞之氧化作用、碳水化合物之轉移作用、醣類消耗、葉綠素生成等所不可或缺者。鉬爲作物對硝酸鹽利用及豆科根瘤形成所必需。銅爲多種酵素之活化劑。

㈡養分吸收受環境之影響

1.溫度

作物的養分吸收與水分吸收有密切的關係。水分吸收又和溫度有關，故溫度直接影響植物體內之代謝活動，改變其養分的吸收；以及溫度影響蒸散作用而改變水之吸收，間接影響養分之吸收。作物養分之吸收，通常在生育適溫時最旺盛。高於或低於適溫，養分之吸收都會下降。故在溫度過高的盛夏或溫室中，及溫度太低的隆冬，作物生育不良，若此時施肥，植株未必會吸收，反而會因施肥而引起根腐，導致不良結果。

2.光線

作物除直接利用二氧化碳和水製造糖或澱粉等碳水化合物外，間接會影響養分吸收。當植物吸收養分時，根部呼吸作用旺盛，所放出之能量再被用於吸收養分，而呼吸作用時做爲基本能源之碳水化合物，係由光合作用而來，因此光線不足將導致碳水化合物供給不足，呼吸作用弱，致養分吸收減少。另外，光線影響氣孔的開閉。當光線照射時，溫度上昇，氣孔打開，蒸散作用增加，促養分隨水分吸收而增加。

3.介質中氧氣含量

作物之養分吸收，因與根之呼吸關係密切，故在根周圍環境中氧氣之有無，大大影響養分吸收。栽培介質中，一則隨有機物之分解作用，氧氣消耗而二氧化碳量增加。二則因介質澆水過多而且排水不良時，根部呈窒息狀態，引起敗根現象，以致養分吸收減少。

4.介質中水分含量

作物吸收介質中養分，其必須在水溶液狀態下方可，因此，水對養分的吸收有根本的重要性。一般而言，介質澆水後的含水體積約35～50％ 最理想。過多或不足的水分將直接使根系發育不良；太過乾燥，吸收養分能力較強之新根會枯死；過分潮濕，則氧氣不足致根無法呼吸死亡。二者均促使養分吸收不良。

5.介質中酸鹼度

介質pH值對養分吸收有很大的影響。其影響可分爲兩類。一爲：pH對養分型態之影響。酸性介質中，磷酸易與鋁或鐵結合，而成不易被作物吸收的狀態，致產生缺磷症狀。介質pH過高呈鹼性時，磷酸與鈣結合，造成磷酸吸收減弱，另外如鐵、錳、鋅、銅、硼亦會受固定而導致缺乏症狀。二爲：直接影響養分溶解於水時之狀態；會成爲陽離子者有氨態氮、鉀、鈣、鎂、鐵等，而成爲陰離子者有硝酸態氮或磷酸等。介質的pH值高低與被吸收養分之種類有極密切的關係，呈酸性時，陰離子養分易被吸收，而近中性時，則陽離子容易被吸收，一般栽培時，以土壤介質而言pH值爲6.2～6.8，無土介質則pH值5.4～6.0之間爲佳。

㈢肥料種類及施用法

1.一般肥料種類

作爲供給大量養分的一般肥料，如表三。提供微量養分的物質，如表四。除表三、表四外，尙包括提供大量養分的完全肥料和特種肥料，如表五。及有機肥料，而有機肥料其成分的分析準確度低，在此暫不詳述。

2.施用法

施肥有兩種不同方式。磷肥或鈣肥在作物種植前即應施於介質中，因其溶解度不高，最好與介質混合一致較爲有利。其他肥料一般在種前不施入栽培介質中，因太多的肥料會限制根的生長，但對遲效性肥料可以施入而無傷害。作物於種植後，肥料可乾施或液施均可。乾施的肥料通常不能完全溶於水，且肥料成分低,如10－4－6。液施其肥料成分高，溶解度超過每100毫升10克者，可利用灌溉系統而施用。例如硝酸銨、尿素…等等，如表三。

㈣施肥量

作物的養分吸收有其範圍，在其範圍內即使某要素在介質中濃度稍不足，也可吸收生育，而濃度稍高時，也會吸收而貯藏。因此，外表上看不出有什麼差異。若實際分析，葉組織中該養分含量會較高，但有一定限度，過多的營養成分經吸收後，會對組織造成直接的傷害，一部分則留存土中或流失、分解。然而，若一時施量過多，則土壤溶液濃度過高，將導致根細胞濃度障害而死亡。假若介質中養分不足情形影響正常生理代謝時，由作物的地上部症狀如表六，以判別其爲何種營養成分缺乏？可作爲改善施肥管理的依據。以泥炭土爲例一般花卉的最適當的氮、磷、鉀肥施肥量如表七。

表三、供給植物所需大量養分的一般肥料

化合物	分子式	N-P_2O_5-K_2O 百分數	分子量	當量	酸鹹度反應	可溶性 克/100毫升
氯化銨	NH_4Cl	25-0-0	53.30	53.50	酸性	39.7
硝酸銨	NH_4NO_3	33.5-0-0	80.05	80.05	酸性	118.3
磷酸一銨 (磷酸銨A)	$NH_4H_2PO_4$	11-48-0	115.04	115.04	酸性	22.7
磷酸二銨	$(NH_4)_2HPO_4$	21-53-0	132.07	66.00	酸性	42.9
硫酸銨	$(NH_4)_2SO_4$	20-0-0	132.15	66.10	極酸性	70.6
硫酸鋁	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	0-0-0 0-0-0	666.45	222.15	極酸性	可溶
硫酸鈣(石膏)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	15-0-0	172.18	86.09	中性	0.2
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	16-0-0	236.16	118.10	鹹性	102.0
硝酸鈉	$NaNO_3$	45-0-0	85.01	85.01	鹹性	73.0
尿素	$CO(NH_2)_2$	0-20-0	60.06	30.03	酸性	78.0
過磷酸鈣	$CaH_4(PO_4)_2$	0-20-0	—	—	中性	1.8
重過磷酸鈣	$CaH_4(PO_4)_2$	0-42-0	—	—		1.8
磷酸	H_3PO_4	0-52-0	98.00	98.00	中性	548.0
氯化鉀	KCl	0-0-62	74.55	74.55	極酸	34.7
硝酸鉀(硝石)	KNO_3	13-0-44	101.10	101.10	中性	13.3
硫酸鉀	K_2SO_4	0-0-53	174.26	87.13	鹹性	6.9
硫酸鎂(瀉鹽)	$MgSO_4 \cdot 4H_2O$	0-0-0	246.50	123.25	中性	71.0
硝酸鎂	$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	11-0-0	256.40	128.20	中性	42.3
碳酸鈣(石灰石)	$CaCO_3$	0-0-0	100.10	50.10	中性	0.002
氫氧化鈣 (水解石灰)	$Ca(OH)_2$	0-0-0	74.10	37.10	鹹性	0.19
磷酸二氫鉀	KH_2PO_4	8-53-34	120.10	120.10	鹹性	33.0
磷酸氫鉀	K_2HPO_4	0-41-51	174.20	87.10	鹹性	169.0
氰氨化鈣	$CaCN_2$	20-0-0	80.11	—	鹹性	分解
硫	S	0-0-0	32.10	—	鹹性	不溶
白雲石(含白雲石的石灰)	$MgCO_3 \cdot CaCO_3$	0-0-0	—	—	酸性	—
鹹性熔渣	$5CaO.P_2O_5.SiO_2$	0-17-0	—	—	鹹性	—

表四、提供微量養分的物質

化合物	分析	分子式	備註
硼(B)			
硼砂	11% B	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	溶於沸水
硼酸	17% B	H_3BO_3	溶於沸水
銅(Cu)			
硫酸銅	35% Cu	$CuSO_4 \cdot H_2O$	在溫室中最常用
鹼性硫酸銅	13-53% Cu	$CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$	
銅螯合物	13% Cu	Na_2Cu EDTA	在銅的有效性成問題的地方
	9% Cu	NaCu HEDTA	緩慢釋放
鐵(Fe)			
硫酸亞鐵	19% Fe	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	
硫酸鐵	23% Fe	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$	
鐵螯合物	5-14% Fe	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	在pH高於7.0時可能無效,通常作葉肥施用
	6% Fe	NaFe EDTA	
	10% Fe	NaFe EDDHA	在 pH 7.0以上比EDTA好
錳(Mn)			
硫酸錳	26-28% Mn		
錳螯合物	12% Mn	$MnSO_4 \cdot 3H_2O$	
氯化錳	17% Mn	Mn EDTA	
		$Mn\ Cl_2$	
鉬(Mo)			
鉬酸鈉	39% Mo		
鉬酸銨	54% Mo	$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	
		$(NH_4)_6Mo_7O_2 \cdot 4H_2O$	
鉬酸	59% Mo	H_2MoO_4	
鋅(Zn)			
硫酸鋅	35% Zn	$ZnSO_4 \cdot H_2O$	
鋅螯合物	14% Zn	Na_2Zn EDTA	
	9% Zn	NaZn HEDTA	

表五、提供大量養分的完全肥料和特種肥料的例子

材　　料	$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$百分數	反應速度	溶　解　度	對酸度的影響
完全肥料(例如)	12-12-12	快	極可溶	可變的
	20-20-20	快	極可溶	可變的
	25-10-0	快	極可溶	可變的
	10-10-10	可變的	稍可溶	可變的
	5-10-5	可變的	中等可溶	可變的
磷酸銨鎂	7-40-6(12% Mg)	慢	稍可溶	—
奧斯摩肥	14-14-14	慢	稍可溶	可變的
(Osmocote)	18-9-9	慢	稍可溶	可變的
尿素甲醛	38-0-0	慢	稍可溶	酸性的

表六、作物營養缺乏的症狀

(A)對全株或局部的老葉、下部葉的一般影響

I.通常一般影響全株,老葉常明顯變黃和死亡。
- (a)葉淺綠,生長矮化,稈細弱,發芽少,葉小,下部葉常較淺黃。　缺氮
- (b)葉暗綠,生長慢,有時下部葉黃且常帶紫色,尤其是葉柄,落葉早。　缺磷

II.經常局部影響較老的葉和下部葉
- (a)下部葉有斑點,通常壞死面積靠近頂部和邊緣,邊緣開始變黃並繼續向中間發展。以後,邊緣變成褐色並卷曲向上,老葉凋落。　缺鉀
- (b)下部葉黃化,常在下一階段壞死。葉脈間黃化,葉脈爲正常綠色。葉邊緣向上或向下卷曲,有揉皺。葉脈間突然壞死。　缺鎂

(B)局部影響新葉

I.頂芽保持活力
- (a)葉黃化,葉脈保持綠色
  - (1)通常無壞死點,在極端情況下邊緣頂部有壞死,有時向內發展,僅大葉脈保持綠色。　缺鐵
  - (2)通常有壞死點,並分散整個葉面,呈棋格或最終呈網狀,只是最小葉脈保持綠色,花質不良,大小顏色都差。　缺錳
- (b)葉淺綠,葉脈較葉中間淺,有壞死點,成熟葉很少或不死亡。　缺硫

II.頂芽通常死亡
- (a)葉頂部和邊緣壞死,幼葉末端常有一定鉤曲,出現上述症狀之前根已死亡。　缺鈣
- (b)幼葉基部破裂,莖和葉柄脆,分生組織死亡,有增加分枝趨勢。　缺硼

表七、泥炭土之最適當之施肥量

植物之種類	每1L施肥量(mg)		
	N	P_2O_5	K_2O
火鶴花	70～140	50～100	70～200
芍藥花	140～420	60～360	100～420
文竹	100～200	40～150	90～200
西洋杜鵑	70～200	25～150	50～200
秋海棠	250～350	200～250	250～300
冬季秋海棠	140～280	120～240	140～350
茶花	60～180	50～150	60～180
嘉德麗亞蘭	70～140	60～120	70～200
君子蘭	240	240	360～400
仙客來	210～420	180～300	210～500
石斛蘭	70	60	70～100
聖誕紅	380～700	360～600	420～700
梔子花	130	50～120	100～200
非洲菊	140～300	120～200	140～500
唐菖蒲	280	240	280～400
洋繡球	280～402	紅240～360 青120～180	280～600
龜背芋	420～700	360～600	420～700
天竺葵	420～700	360～600	400～800
蝴蝶蘭	70～140	60～120	70～200
四季報春	60～120	50～100	80～200
大岩桐	140～250	120～250	140～500
非洲堇	420～560	360～480	420～600
虎斑鳳梨	70	60	70～200

四、參考文獻

1. Ball, V. 1985. Ball Red Book 720pp. Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia, USA.

2. Koranski, D. S. and S. R. Laffe. 1985. Plug production. page 126-140 in J. W. Mastalerz and E. J. Holcomb (eds.), Bedding plants III. Pennsylvania Flower Growers.

3. Nelson, P. V. 1985. Greenhouse operation and management. 3rd edition 598pp. Reston Publishing Company, Inc., Reston, Virginia, USA.

4. Werminghausen, B. 1972. The application of synthetic media in plant propagation. Acta Horticulturae 26:159-163.

圖一、組織培養苗馴化階段利用噴霧加濕

圖二、溫度中利用固定式噴灌系統給水

圖三、人工澆灌方式給水

圖四、溫室中育苗利用自來水式噴灌系統